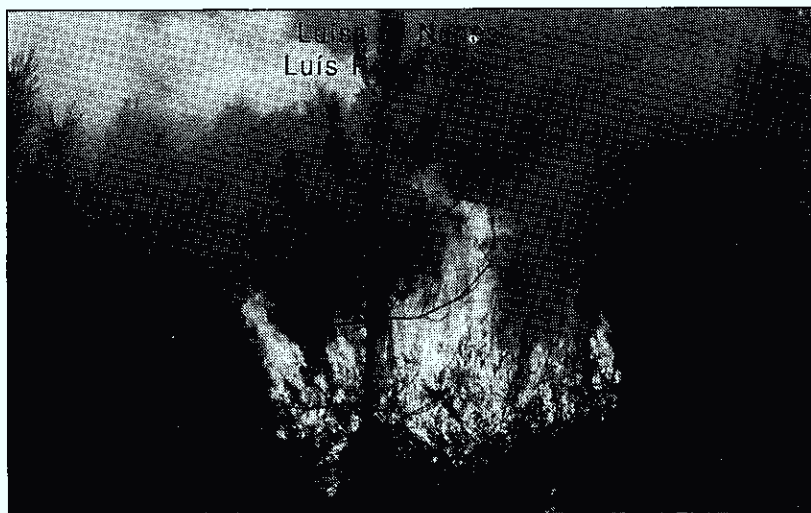


Sistema BEHAVE

Modelos de simulação do comportamento do fogo



Na execução deste trabalho criaram-se novos modelos com base no sistema referido, sendo aplicáveis a quatro tipos de ecossistemas presentes no Parque Natural da Serra de S. Mamede.

1. Introdução

O conhecimento do comportamento do fogo é essencial quando se quer organizar uma estratégia de controle de incêndios.

A grande diversidade de elementos dos quais o fogo depende, torna a sua predição muito difícil, conduzindo muitas vezes a situações em que qualquer tentativa de extinção é fracassada.

O sistema BEHAVE consiste numa série interactiva de programas de computador em linguagem Fortran VII, que permite prever o comportamento do fogo mediante a análise dos combustíveis da área em estudo. Este sistema é por sua vez dividido em dois outros sub-sistemas; o FUEL, que é responsável pela modelação dos combustíveis e o BURN que faz a previsão do comportamento do fogo.

2. Material e métodos

Os parâmetros de entrada em que este sistema se baseia são: estado fisiológico

do combustível, a sua carga, dimensão e teor de humidade.

A recolha de dados assenta sobretudo no tipo de combustíveis existentes. Para a sua avaliação realizaram-se amostras em parcelas representativas das situações típicas do local em estudo em quatro povoamentos característicos, pinhal, sobreiro, carvalho negral e matos.

Assim, e para a zona de pinhal, consideraram-se três parcelas: corte arbustivo (menos de 10 anos), povoamento jovem (10 a 20 anos) e povoamentos adultos (com mais de 20 anos); para a zona de montado de sobreiro e para a zona de carvalho negral uma parcela e para a zona de matos 3 parcelas.

Para cada uma destas parcelas procedeu-se a uma distribuição de classes que traduziam situações específicas de cada uma das parcelas (Tab. 1).

Tabela 1 - Descrição das parcelas estudadas, classes e respectivos códigos.

Parcela	Classe	Código	
pinheiro bravo	porte arbustivo	c/ mato	AG1
		s/ mato	SF1
	povoamento jovem	c/ mato	RB1
		s/ mato	SM3
		mistura	AG2
	povoamento adulto	c/ mato	SM1
		s/ mato	SJ1
	mistura	TX1	
sobreiro	descortiçado	SL1	
carvalho negral	porte arbustivo	CV1	
mato	esteva	alta	RV1
		baixa	RB2
	esteva + urze	mistura	SL3
		alta	RA1
		baixa	SM2



Fig. 1 - Parcela de pinheiro bravo (SM1).

Recolha e medição do combustível

Para delimitar o local de recolha da amostra, foi utilizado um rectângulo de arame com 1 m de comprimento por 0,5 m de largura em que um dos lados é móvel, de modo a facilitar a sua colocação sobre combustíveis de maiores dimensões.

Para recolha de vegetação, seguiram-se as seguintes normas (Fernandes, 1991):

- estimativa ocular, em percentagem, para cada tipo de vegetação;
- medição da altura de cada tipo de vegetação;
- medição da espessura da folhada e da manta morta média, de pelo menos 3 repetições;
- corte das plantas vivas e mortas do estrato arbustivo (apenas da vegetação incluída na projecção vertical dos limites do rectângulo de arame);
- toda a vegetação foi introduzida em sacos

de plástico devidamente fechados e etiquetados.

Para determinar as cargas de combustível, procedeu-se à sua separação, pesagem e determinação de peso seco e peso húmido.

Espessura do combustível

As espessuras são avaliadas no campo, efectuando a média das alturas das várias espécies de arbustos para que se definam classes de espessura.

Carga de combustível por parcela

Após a secagem das amostras a 65°C durante 48 horas (Fernandes, 1991), determina-se a percentagem de humidade, o peso seco e o peso por ha, cálculos necessários para avaliação das cargas de combustível.



Fig. 2 - Parcela de montado de sobre (SL1).

Modelos de combustível

Sub-programa NEWMDL

Dados de entrada:

- espessuras e quantidades de combustível;
- relação superfície/volume (Tab. 2);
- poderes caloríficos (Tab. 3);
- teores de humidade dos combustíveis (Tab. 4).

Todos os modelos apresentam os valores constantes de 3, 6 e 10 cm³ para os combustíveis de 10 e 100 hr. Os poderes caloríficos para os diferentes tipos de vegetação são dados na Tabela 3 (Fernandes, 1991).

Tabela 2 - Razões de superfície/volume para combustíveis de 1hr*

Combustível	S/V (cm ⁻¹)
agulhas	50
folhada de <i>Q. pyrenaica</i>	80
<i>Q. suber</i>	85
Fetos	90/100 *
Carqueja	65/10 *
Sargaço	65/10 *
Ericáceas	85/95 *
Tojo	60/65 *
Esteva	35/45 *
herbáceas	80/100 *

* tempo de retardação - medida da velocidade de à qual o material alcança um conteúdo de humidade de equilíbrio.

Tabela 3 - Poderes caloríficos para diferentes tipos de vegetação.

Tipo de vegetação	J g ⁻¹	espécies
Combustíveis mortos	20.500	pinheiro
	20.000	sobreiro
	18.500	carvalho
Arbustos vivos	22.600	carqueja
	22.600	ericáceas
	20.000	esteva
	19.800	tojo
	18.100	fetos
herbáceas	19.000	

Tabela 4 - Teores de humidade para predição do comportamento ao fogo.

Combustível	% de humidade em relação ao peso húmido	% de humidade em relação ao peso seco
herbáceas	50	100
arbustos	40	65
1 hr	4	4
10 hr	6	6
100 hr	6	7

3. Apresentação e discussão de resultados

Simulação de um modelo

Através do programa TSTMDL e FIRE 1 (subsistema BURN) constrói-se o modelo utilizando os valores achados para cada parâmetro de entrada e para cada parcela (Tab. 5).

Parâmetros como a intensidade do fogo e o comprimento da altura da chama são factores que influenciam a maior ou menor dificuldade com que um incêndio se controla.

Para escalonar os modelos de comportamento do fogo de modo a prever a sua dificuldade de combate, Andrews e Rothermel (1983) construíram uma representação gráfica dos modelos de combustíveis, resultantes da intersecção dos valores de energia liberta por unidade de área e da velocidade de propagação, permitindo visualizar as diferenças de comportamento entre os vários modelos, sob idênticas condições ambientais (Fig. 8).



Fig. 4 - Parcela de esteva (RV1).

Tabela 5 - Dados relativos ao comportamento do fogo dos modelos desenvolvidos obtidos através dos programas TSTMDL e FIRE 1.

Parcelas	Velocidade do fogo (mmin ⁻¹)	Comp. da chama (m)	Intensidade da reacção (Kmm ⁻²)	Energia libertada (Kjm ⁻²)	Intensidade da frente (Kwm ⁻¹)
RB2	13	3.4	853	16415	3687
RV1	2	0.7	189	3278	130
SL3	7	1.4	403	4467	527
SM2	16	2.8	1051	9090	2492
RA1	10	1.4	379	3344	532
AG1	1	0.4	197	2805	43
SF1	1	0.6	3.8	4683	80
SM3	1	0.6	309	4671	99
AG2	2	0.9	460	6841	209
RB1	4	1.7	798	12241	811
SJ1	2	1.1	552	8511	317
TX1	3	2.7	140	18895	682
CV1	10	2.4	900	9978	1680
SL1	13	2.8	820	11546	2513

Rothermel (1983) considerou ainda 4 classes de dificuldade de supressão do fogo (Tab. 6) segundo o grau da sua severidade.

Comparando os valores fornecidos pelos

programas de modelação e os quadros de características do fogo (Fig. 5 e Tab. 6) será possível constatar que, na sua maioria, os modelos criados apresentam um comprimento de chama superior a 1,25m, salientando-se ainda que, em alguns, (SM3, SM1, SL1) se poderão observar comprimentos mais elevados.

As parcelas de mato denso de esteva (RB2) demonstram uma situação de alto risco de incêndio, assim como aquelas em que a exploração florestal conduziu a grandes acumulações de resíduos que poderão provocar incêndios de grande intensidade, com possibilidade de atingirem povoamentos adjacentes.

Os modelos SF1 e SM3 representam povoamentos de pinheiro bravo sem mato, possuindo uma quantidade de combustíveis de 1 hr. bastante similar, pelo que as características do fogo são semelhantes. A criação de uma descontinuidade ou o ataque manual por pessoal



Fig. 3 - Parcela de carvalho negral (SM1).

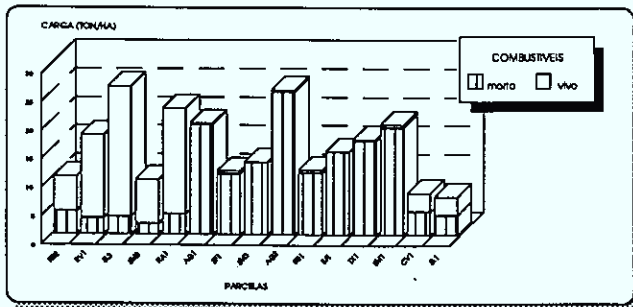


Fig. 6 Cargas totais de combustível morto e vivo por parcela.

Fig. 7 Cargas de combustível por parcela para entrada no BEHAVE.

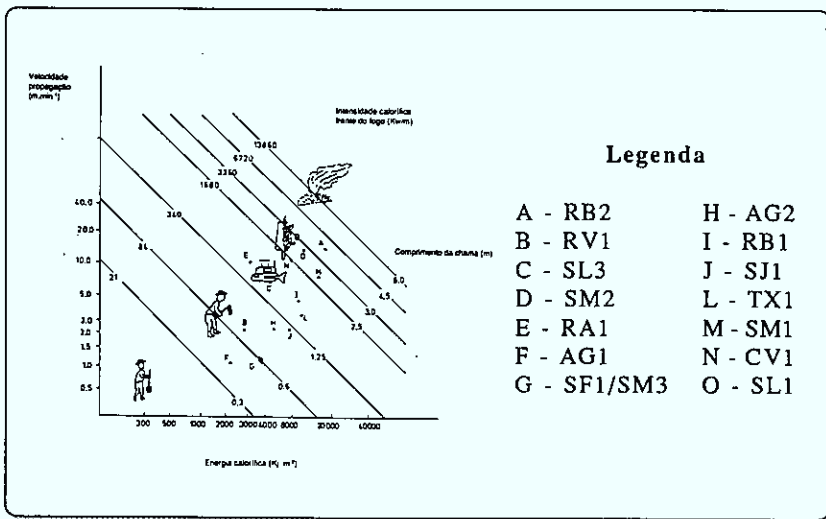
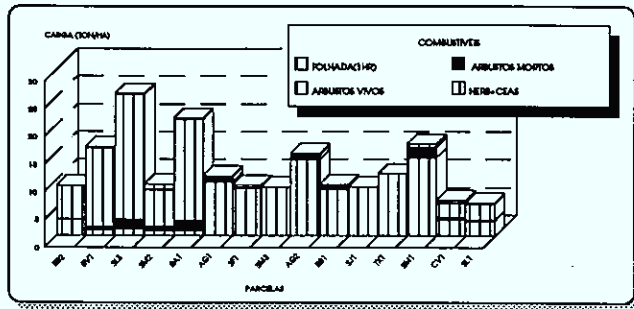


Fig. 8 - Modelos desenvolvidos para as características do fogo (log).

Tabela 6 - Interpretação do fogo segundo a dificuldade em suprimi-lo

Comprimento da chama (m)	Intensidade do fogo (Kw/m ²)	Modelos parcelas	Interpretação
< 1.2	< 346	RV1; SM3; AG1; AG2; SF1; SJ1	Fogo atacado frontalmente nos flancos, por pessoal equipado c/ ferramentas manuais.
1.2 - 2.4	346 - 1739	SL3; CV1; RA1; RB1; TX1	Muito intenso. Não se pode enfrentar frontalmente. Usar bulldozers e retardantes.
2.4 - 3.3	1739 - 3459	SM3; SM1; SL1	Graves problemas de controlo: árvores a arder, fogo passivo de copas. Não é possível controlo da frente.
> 3.3	> 3459	RB2	Fogo de copas, transporte de pontos de ignição. Confronto frontal impossível.

Fonte: Rothermel, 1983.

equipado será suficiente para controlar um incêndio que ocorra nestas parcelas.

4. Conclusão

A predição do comportamento do fogo será facilitada se dispusermos de um modelo que descreva os combustíveis, que caracterize as propriedades físicas da vegetação e o comportamento do fogo que se desenvolve nesse combustível.

O sistema BEHAVE permite, com a inclusão de modelos económicos relativos às operações envolvidas na luta contra os fogos, comparar a eficácia de planos alternativos em termos de custo/benefício no combate a fogos, não devendo no entanto deixar de considerar, a relação entre o tipo e a quantidade de vegetação com os problemas ou riscos de incêndio.

As acumulações de matos e detritos de exploração encontrados nas parcelas estudadas poderão ser alvo de um plano de gestão de combustíveis através da aplicação de fogo controlado, tendo como objectivo, para além da redução dessas acumulações, a manutenção da fertilidade do solo através da incorporação das cinzas onde se encontram grande parte dos elementos minerais.

Finalmente, salienta-se que as áreas de montado de sobre e matas de carvalho negral deverão constituir objecto de estudo mais pormenorizado relativamente a possíveis situações de risco de incêndio, já que constituem ecossistemas característicos do Parque Natural da Serra de S. Mamede, dos quais dependem inúmeras associações animais e vegetais.

5. Bibliografia

Andrews, PL (1983) A system for predicting the behavior of forest and range fires. *Conf. of Computer Simulation in Emergency Planning* (pp75-78) San Diego, USA.

Fernandes, P (1991) Caracterização do combustível florestal em ecossistemas de *P. pinaster*: aplicação do sistema BEHAVE. *Rel. final de estágio UTAD Vila Real*

Rothermel, RC (1984) BEHAVE: Fire Behave Prediction and Fuel Modeling System. *Gen. Tech. Rep. INT - 176* (pp 19-56) Dep. of Agr., Montana, USA.

Rothermel, RC (1983) How to predict the spread and intensity of forest and range fires. *USDA For. Ser., Gen. Tech. Rep. INT-143*, Utah, USA.

* Eng. Florestal, Assistente da ESACB.

** Eng. Tec Florestal.